

脳波 波復活現象を応用したストレス評価に関する研究

著者	八木 一憲
出版者	法政大学大学院理工学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要．理工学・工学研究科編
巻	61
ページ	1-6
発行年	2020-03-24
URL	http://doi.org/10.15002/00022908

脳波 α 波復活現象を応用したストレス評価に関する研究

A STRESS INDEX BASED ON THE α -WAVE RESURGENCE PHENOMENON

八木一憲

Kazunori YAGI

指導教員 八名和夫

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻博士前期課程

Abstract- This paper examined the characteristics of EEG based stress index AESI (an extended stress index) which we are proposing. A mental arithmetic stress experiment has been conducted to validate the concept. Eight healthy male subjects aged 20-22 were volunteered to be the subject of the study. A psychological index flow frequency has been obtained for each subject using the questionnaire. Subjects are divided into two groups depending on the flow frequency scores high or low. Subjects were asked, in sitting posture, to close eyes followed by to open eyes for one minute each then asked to perform mental arithmetic to subtract 3 or 7 consecutively from 100 for 90 seconds. The result showed alpha power-based stress index AESI tends to give negative value for the high flow frequency subjects. Other psychological indices also made difference in AESI, showing that association between AESI and psychological indices.

Key Words : EEG, alpha wave, stress measurement, alpha attenuation coefficient, arithmetic task
Alpha wave Stress Coefficient

1. はじめに

本論文では、脳波を用いて精神活動におけるストレスレベルを評価する方法について、研究を行った。昨今では、社会システムの高度化、複雑化に伴い、日常生活における心理的ストレスが高まり、心因性の疾患や自律神経の異常などの増加が社会問題となっている。厚生労働省による全国 17000 人の労働者を対象とした大規模調査によると、強くストレスを感じる労働者数の割合は年々増加しており、2017 年度には 59.5%に達している。また、高齢化社会になるにつれ、孤独や家族との軋轢などが生まれ、精神的支障が起りやすくなっている。これらのことから、心理的ストレスを定量的に把握することは健康管理上重要である。現在、生理指標に基づく定量的な指標として脳波、心拍変動の研究が知られている。しかし、これらの指標は個人差が大きく、決定的な指標は存在していない。そこで、生理指標の基本的な特徴づけを目的とし、 α 波の特性を実験的に分析した。 α 波の活動は、閉眼安静状態に最も優勢な律動であり、リラックス状態を示す指標としても多くの実験で用いられている。そのため、本実験においても α 波に注目し、実験を行った。また、脳の高次機能中では、

比較的単純な演算処理である足し算、引き算あるいは暗算、などの数理的処理作業の脳活動において、多くの研究が行われてきた[1]。本論文では暗算という精神的ストレスを与えた中で、どのように α 波が変化していくのかに注目した。

2. 方法

(1) α 波の特性について

脳波にはいくつかの種類が存在し、周波数の大きさから 5 つに分類することが出来る。以下に名前、周波数範囲、特に出現が見られる心理状況を挙げる[2]。

- δ 波 1-4 Hz 睡眠時
- θ 波 4-8 Hz 入眠時・瞑想時
- α 波 8-12 Hz リラックス時・閉眼時
- β 波 15-20 Hz 緊張時
- γ 波 30 Hz 以上 運動時

今回は、上記の 5 つの中の α 波に注目して実験を行った。上記から α 波は 8-13 Hz の帯域の脳波であり、リラ

ックス状態を表す指標として知られている。α波帯域は心的ストレスを与えると減少する。また、α波パワーは下記の図1のように、閉眼安静時から開眼安静時、開眼安静時から開眼暗算時と状態が変化すると減少するという結果が得られている[3]。

本論文では、それを確認すると同時に、開眼安静時から開眼暗算時に移行した場合、このα波がどのように変化するかに注目して、実験を行った。

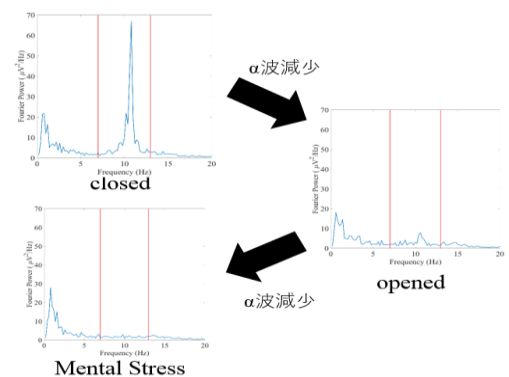


図1 各状態のα波のパワースペクトル

(2) アーチファクト検出

脳波を測定する際に、被験者の咀嚼や眼球運動、筋電図等が起因となるアーチファクトにより、解析結果が正確に導けないことがあるため、アーチファクトを検出し、その部分を取り除いた上で解析を行った。まず、バンドパスフィルタ（0.4Hz-100Hz 以外の範囲）を用いて主に高周波数をカットした。

その後、フィルタ後の波形を目視で確認し、以下の図2のように赤丸の部分アーチファクトとした。この部分のセグメントを取り除き、解析を行った。

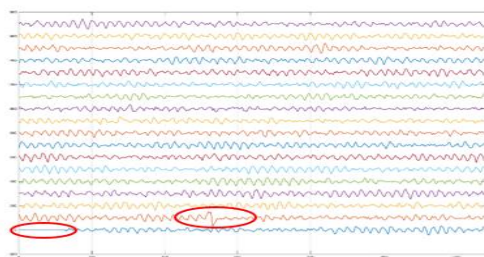


図2 フィルタ後の波形

(3) パワースペクトル

パワースペクトルとは、フーリエパワーを平均したものである。パワースペクトルは、以下の(1)式で求められる。

$$P(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{E[|X_T(f)|^2]}{T} \quad (1)$$

上記の(1)式より、 $P(f)$ は平均パワーの周波数分布を表すことが分かる。

データを1280点毎(5秒間)のセグメントに分け、各セグメントのDFTパワーを求める。全セグメントの加算平均をとることで、これをパワースペクトルの推定値とする。

(4) 帯域パワー

本論文では、帯域パワーを一つの指標として用いた。

帯域パワーは以下の(2)式で求めた。

$$E[x^2(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} P(f) df \quad (2)$$

脳波には、α波、β波、θ波などの種類に分けられる。それぞれの帯域の帯域パワーを求め、それらをα波パワー、β波パワー、θ波パワーとして求めた。α波パワーを例とすると、上記の(2)の式を用いて、以下の(3)式で求めた。

$$E[x^2(t)] = \int_8^{13} P(f) df \quad (3)$$

α波はリラックスした時に出る脳波とされており、これらの脳波の違いは周波数の範囲である。α波は、8-13 Hzの範囲であり、α波パワーはこの範囲の周波数帯域で積分すると求められる。

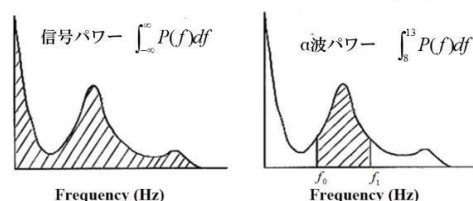


図3 帯域パワーとα波パワー

(5) フロー

人間がその時にしていることに対して、完全に没頭し精神的に集中している状態のことである。ゾーン、無我の境地とも呼ばれ、ポジティブ心理学における代表的な概念で、心理学者のミハイ・チクセントミハイによって提唱された。図4における作業に対する本人のスキルレベルと課題の挑戦レベルが釣り合っている状態のことである。

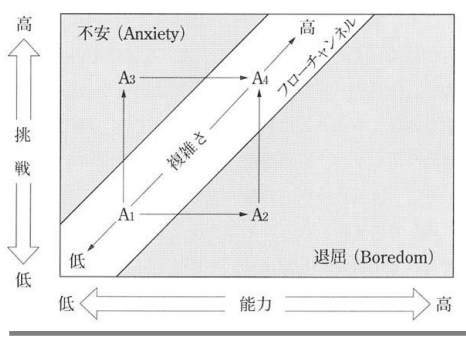


図 4 フローモデル

(6) AAC(Alpha Attenuation Coefficient)

従来方法である AAC を用いて、覚醒度の定量的評価を行った。閉眼安静時の α 波出現量と開眼安静時による α 波の減衰量が個人の覚醒度に対応して変動することを利用し、閉眼安静状態と開眼安静状態の α 波帯域パワースペクトルからその比率である AAC を覚醒度とし、下記の(4)式で求めた。

$$AAC = \frac{P_{\alpha}(\text{Closed})}{P_{\alpha}(\text{Opened})} \quad (4)$$

覚醒度が高い場合、閉眼安静時の α 波の出現量が多く、また開眼安静時の α 波の減衰が大きくなり、AAC の値が大きくなる。一方、覚醒度が低い場合、閉眼安静時の α 波出現量が少なく、開眼安静時の α 波が小さくなり、AAC の値が小さくなる。

(6) ASC(Alpha wave based Stress Coefficient)

本論文では、従来方法である AAC を参考に、独自の指標として ASC を新たに提案した。

ASC は以下の(6)式で求めた。なお、後述するが $P_{\alpha}(\text{Task})$ は、被験者が開眼暗算状態であることを指している。

$$ASC = 1 - \frac{P_{\alpha}(\text{Task})}{P_{\alpha}(\text{Opened})} \quad (5)$$

ASC は開眼安静時から開眼暗算時に移行したときの α 波パワーの減衰率を表し、開眼安静時から開眼暗算時に移行した時の α 波パワーの変化量として上記の(5)式のように定義した。

ASC が正の値の場合、開眼安静時と開眼暗算時を比較して、開眼安静時の α 波の出現量が多く、ストレスを感じている状態と言える。一方、ASC が負の場合、開眼安静

時と開眼暗算時を比較して、開眼暗算時の α 波の出現量が多く、ストレスではなくポジティブな心理状態を誘発していると解釈できる。

(7) 自尊感情尺度

心理学分野において自己に対して自分は優秀であるといった肯定的な態度(自尊心)を数値化、評価するための尺度のことである。

自尊心とは他人からの評価ではなく、自分がどう思うか、感じるかである。

自分が有能であるという自信と、自分に価値があるという自尊の2つの要素から成り立っている。自尊心が欠如すると、不安などのストレスにより、鬱や自殺の原因になるためある程度の自尊心は必要である。

(8) 特性不安尺度

その人が普段から危険に対して回避的である、心配しやすいなどの性格を数値化、評価するための尺度のことである。状態によって変わるものではない。

不安の種類としてもう一方の状態不安とは異なる。状態不安とはテストの直前や、物を壊した際の不安のことである。

3. 解析内容

(1) 測定機器

今回の実験で用いた機器は以下の図の EMOTIV 社の EPOC+を使用した。今回は測定できる 14 チャンネルのうち、前頭部と後頭部の 4 チャンネル(F3, F4, O1, O2)を使用した。また、サンプリング周波数は 256 Hz である。なお、電極の配置方法は国際 10-20 法の基準によるものである。

測定結果を数値解析ソフト MATLAB を用いてグラフ化し、解析結果を比較した。解析の際には、脳波の各周波数帯域 (α 波, β 波, θ 波) のパワー及び、中心周波数と帯域幅、エントロピー帯域幅を求めた。

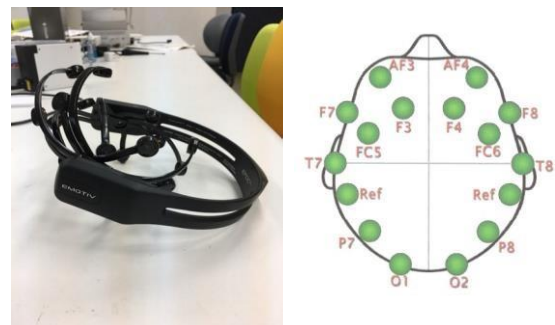


図 5 測定機器と測定チャンネル

(2) 解析データ

本稿では、2018 年度の情報工学実験 2 で計測したデータを解析に使用した。被験者は、20-23 歳の健常な男性であり、データは、90 秒間計測した。

実験方法は、閉眼安静時、開眼安静時、開眼暗算時(100-3)、開眼暗算時(100-7)の 4 つの状態を計測を計算順序を入れ替えて 2 回行った。

被験者は座位状態で、測定中はリラックスするよう指示し、開眼状態においては、一点を見続けてもらうように指示をした。これは、測定データに筋電図や眼球運動などといったアーチファクトを含まないようにするためである。

また、被験者被験者の比較は 2 つの項目について行った。1 つ目はフロー頻度の高い被験者と低い被験者を分類して行った。

基準はアンケートの回答からフロー状態のなりやすさを数値化してその値が大きい順に 5 名をフロー頻度高、小さい順に 5 名をフロー頻度低とした。

2 つ目は正規化した自尊感情尺度から特性不安尺度を引いた値(以降自己肯定感と記す)が正の被験者と負の被験者を分類して行った。

これもフロー頻度と同様にアンケートの結果から被験者を選んだ。それぞれの被験者リストを以下にまとめた。

表 1 フロー頻度：高 フロー頻度：低

被験者番号	フロー頻度	被験者番号	フロー頻度
被験者1	20	被験者6	0
被験者2	14	被験者7	3
被験者3	11	被験者8	4
被験者4	10	被験者9	5
被験者5	10	被験者10	5

表 2 自己肯定感：高 自己肯定感：低

被験者番号	自己肯定感	被験者番号	自己肯定感
被験者1	0.16	被験者6	-0.18
被験者2	0.10	被験者7	-0.13
被験者3	0.06	被験者8	-0.13
被験者4	0.06	被験者9	-0.06
被験者5	0.03	被験者10	-0.05

4. 結果

(1)以下の図に、後頭部におけるフロー頻度の高い被験者と低い被験者の正規化した α 波パワーの変化についてのグラフと表を示す。

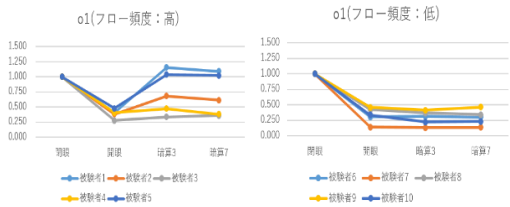


図 6 フロー頻度の比較 1 回目(O1)

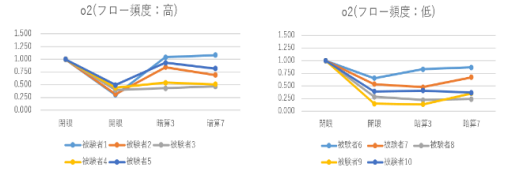


図 7 フロー頻度の比較 1 回目(O2)

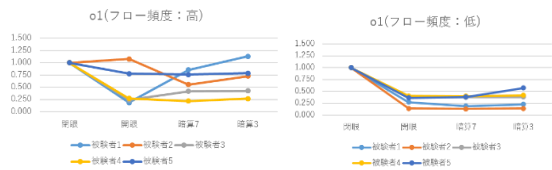


図 8 フロー頻度の比較 2 回目(O1)

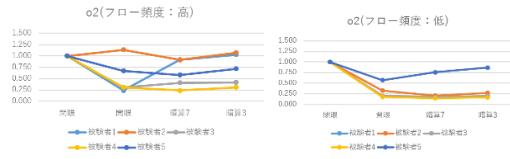


図 9 フロー頻度の比較 2 回目(O2)

表 3 フロー頻度の比較 1 回目(O1)

o1	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	o1	被験者6	被験者7	被験者8	被験者9	被験者10
閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
開眼	0.412	0.383	0.280	0.407	0.477	開眼	0.303	0.137	0.420	0.458	0.336
暗算3	1.157	0.682	0.338	0.472	1.039	暗算3	0.311	0.130	0.368	0.410	0.222
暗算7	1.092	0.616	0.360	0.381	1.025	暗算7	0.298	0.134	0.341	0.460	0.227
ACC	2.425	2.611	3.565	2.457	2.094	ACC	3.300	7.286	2.381	2.184	2.972
ASC(100-3)	-1.806	-0.782	-0.206	-0.159	-1.177	ASC(100-3)	-0.026	0.063	0.123	0.104	0.340
ASC(100-7)	-1.648	-0.608	-0.283	0.063	-1.146	ASC(100-7)	0.017	0.027	0.188	-0.004	0.324

表 4 フロー頻度の比較 1 回目(O2)

o2	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	o2	被験者6	被験者7	被験者8	被験者9	被験者10
閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
開眼	0.300	0.318	0.398	0.442	0.495	開眼	0.652	0.534	0.286	0.145	0.391
暗算3	1.045	0.848	0.434	0.544	0.933	暗算3	0.831	0.476	0.222	0.135	0.409
暗算7	1.085	0.691	0.469	0.509	0.818	暗算7	0.865	0.669	0.237	0.353	0.364
ACC	3.331	3.148	2.513	2.263	2.020	ACC	1.534	1.872	3.497	6.873	2.557
ASC(100-3)	-2.480	-1.669	-0.091	-0.236	-0.884	ASC(100-3)	-0.275	0.108	0.225	0.072	-0.046
ASC(100-7)	-2.613	-1.175	-0.178	-0.151	-0.652	ASC(100-7)	-0.327	-0.283	0.172	-1.425	0.089

表5 フロー頻度の比較 2 回目(O1)

o1	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	o1	被験者6	被験者7	被験者8	被験者9	被験者10
閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
開眼	0.188	1.077	0.241	0.273	0.779	開眼	0.271	0.139	0.373	0.402	0.361
暗算7	0.854	0.558	0.421	0.217	0.761	暗算7	0.191	0.129	0.374	0.397	0.378
暗算3	1.132	0.727	0.428	0.269	0.789	暗算3	0.224	0.141	0.382	0.416	0.572
ACC	5.306	0.928	4.150	3.662	1.284	ACC	3.692	7.216	2.684	2.490	2.769
ASC(100-7)	-3.533	0.482	-0.745	0.204	0.022	ASC(100-7)	0.296	0.072	-0.003	0.011	-0.047
ASC(100-3)	-5.007	0.325	-0.778	0.016	-0.013	ASC(100-3)	0.175	-0.016	-0.025	-0.037	-0.584

表6 フロー頻度の比較 2 回目(O2)

o2	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	o2	被験者6	被験者7	被験者8	被験者9	被験者10
閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
開眼	0.242	1.138	0.305	0.311	0.672	開眼	0.180	0.326	0.204	0.181	0.570
暗算7	0.919	0.916	0.411	0.241	0.584	暗算7	0.165	0.208	0.175	0.142	0.758
暗算3	1.028	1.076	0.421	0.309	0.722	暗算3	0.197	0.270	0.200	0.168	0.868
ACC	4.140	0.879	3.277	3.215	1.488	ACC	5.540	3.065	4.907	5.510	1.754
ASC(100-7)	-2.806	0.195	-0.346	0.224	0.131	ASC(100-7)	0.084	0.362	0.139	0.216	-0.330
ASC(100-3)	-3.257	0.054	-0.378	0.007	-0.074	ASC(100-3)	-0.091	0.174	0.019	0.075	-0.522

(2)以下の図に、後頭部における自己肯定感の高い被験者と低い被験者の正規化した α 波パワーの変化についてのグラフと表を示す。

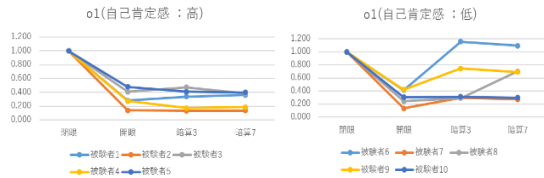


図6 自己肯定感の比較 1 回目(O1)

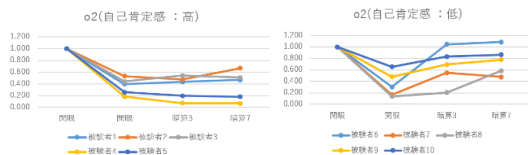


図7 自己肯定感の比較 1 回目(O2)

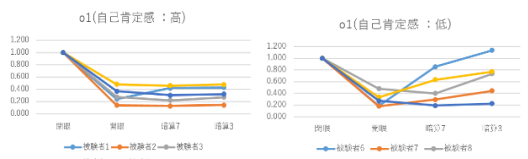


図8 自己肯定感の比較 2 回目(O1)



図9 自己肯定感の比較 2 回目(O2)

表7 自己肯定感の比較 1 回目(O1)

o1	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	o1	被験者6	被験者7	被験者8	被験者9	被験者10
閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
開眼	0.280	0.137	0.407	0.271	0.477	開眼	0.412	0.132	0.242	0.421	0.303
暗算3	0.338	0.130	0.472	0.170	0.407	暗算3	1.157	0.296	0.291	0.744	0.311
暗算7	0.360	0.134	0.381	0.184	0.399	暗算7	1.092	0.273	0.699	0.691	0.298
ACC	3.565	7.286	2.457	3.684	2.095	ACC	2.425	7.592	4.140	2.376	3.300
ASC(100-3)	-0.209	0.053	-0.159	0.374	0.148	ASC(100-3)	-1.805	-1.244	-0.204	-0.767	-0.026
ASC(100-7)	-0.283	0.027	0.063	0.322	0.165	ASC(100-7)	-1.648	-1.071	-1.834	-0.642	0.017

表8 自己肯定感の比較 1 回目(O2)

o2	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	o2	被験者6	被験者7	被験者8	被験者9	被験者10
閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
開眼	0.398	0.534	0.442	0.184	0.260	開眼	0.300	0.167	0.136	0.479	0.652
暗算3	0.434	0.476	0.544	0.074	0.199	暗算3	1.045	0.547	0.200	0.693	0.831
暗算7	0.469	0.669	0.509	0.071	0.180	暗算7	1.085	0.475	0.583	0.776	0.865
ACC	2.513	1.872	2.263	5.429	3.845	ACC	3.331	5.994	7.335	2.089	1.534
ASC(100-3)	-0.091	0.108	-0.230	0.599	0.230	ASC(100-3)	-2.480	-2.276	-0.465	-0.447	-0.275
ASC(100-7)	-0.178	-0.253	-0.151	0.613	0.306	ASC(100-7)	-2.613	-1.844	-3.273	-0.621	-0.327

表9 自己肯定感の比較 2 回目(O1)

o1	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	o1	被験者6	被験者7	被験者8	被験者9	被験者10
閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
開眼	0.241	0.139	0.273	0.481	0.367	開眼	0.188	0.179	0.477	0.333	0.271
暗算7	0.421	0.129	0.217	0.460	0.303	暗算7	0.854	0.294	0.398	0.630	0.191
暗算3	0.428	0.141	0.269	0.477	0.320	暗算3	1.132	0.443	0.733	0.770	0.224
ACC	4.150	7.216	3.662	2.081	2.723	ACC	5.306	5.583	2.096	3.000	3.692
ASC(100-7)	-0.745	0.072	0.204	0.042	0.178	ASC(100-7)	-3.533	-0.638	0.165	0.885	0.296
ASC(100-3)	-0.778	-0.016	0.016	0.008	0.127	ASC(100-3)	-5.007	-1.478	-0.537	-1.309	0.175

表10 自己肯定感の比較 2 回目(O2)

o2	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	o2	被験者6	被験者7	被験者8	被験者9	被験者10
閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	閉眼	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
開眼	0.305	0.326	0.311	0.255	0.230	開眼	0.242	0.158	0.275	0.300	0.180
暗算7	0.411	0.208	0.241	0.209	0.164	暗算7	0.919	0.076	0.265	0.651	0.165
暗算3	0.421	0.270	0.309	0.234	0.140	暗算3	1.028	0.061	0.480	0.721	0.197
ACC	3.277	3.065	3.215	3.920	4.343	ACC	4.140	6.317	3.634	3.335	5.540
ASC(100-7)	-0.344	0.382	0.224	0.182	0.288	ASC(100-7)	-2.806	0.520	0.038	-1.172	0.084
ASC(100-3)	-0.379	0.178	0.007	0.083	0.393	ASC(100-3)	-3.257	0.013	-0.744	-1.406	-0.091

5. 考察

(1)フロー頻度の比較

正規化グラフより、開眼安静状態から開眼暗算状態に移行した際、フロー頻度の高い多くの被験者の α 波復活が確認できた。一方、フロー頻度の低い被験者の α 波復活はあまり見られず、減少する被験者の方が多かった。

正規化表より、開眼安静状態から開眼暗算状態に移行した際の α 波量の値 ASC が、フロー頻度の高い被験者はマイナスを示す結果が多かった。一方、フロー頻度の低い被験者はプラスを示す結果が多かった。

一般的に α 波が増大するとリラックス効果も比例して上昇するため、フロー頻度の高い被験者の方がフロー頻度の低い被験者に比べストレスがかかりにくいと考えられる。

また、前研究よりストレスがかかりにくい被験者は ASC の値がマイナスになり、ストレスがかかりやすい被験者は ASC の値がプラスになった実験結果を踏まえると、フロー頻度の高い被験者はストレスを受けにくく、フロー頻度の低い被験者はストレスを受けやすいと読み取ることが出来る。

これはフロー頻度の高い被験者は、感受性が強く集中力が非常に高まり、夢中になっていたことによって、実験に対する疲労や時間の経過を感じなかったためであると考えられる。

一方、フロー頻度の低い被験者は、実験に対する疲労の蓄積により、注意力が散漫になっていたためであると考えられる。

(2)自己肯定感の比較

正規化グラフより、開眼安静状態から開眼暗算状態に移行した際、自己肯定感の低い被験者の α 波復活が確認できた。一方、自己肯定感の高い被験者の α 波復活はあまり見られず、減少する被験者の方が多かった。

正規化表より、開眼安静状態から開眼暗算状態に移行した際の α 波量の値 ASC が、自己肯定感の低い被験者はマイナスを示す結果が多かった。一方、自己肯定感の高い被験者はプラスを示す結果が多かった。

フロー頻度の比較の際と同様に実験結果を踏まえると、自己肯定感の低い被験者はストレスを受けにくく、自己肯定感の高い被験者はストレスを受けやすいと読み取ることが出来る。

自己肯定感の高い被験者はポジティブであるため α 波は復活すると予想していたが、逆の結果となった。

これは自己肯定感が高く課題を解けないことに対する不安を感じず集中力が無くなってしまったためであると考えられる。

また、感受性にも乏しいため課題を解けたことの感動や解けないことの不安を感じなかったことが考えられる。

よって、フロー頻度の高い被験者は感受性が強いいため自己肯定感の低い被験者と関連があると考えられる。

6. 結論

後頭部の α 波においてフロー頻度の高い被験者は α 波が復活し、フロー頻度の低い被験者 α 波が減少する。

自己肯定感の低い被験者は α 波が復活し、自己肯定感の高い被験者は α 波が減少する。

ストレス指標 ASC を用いることによって、生理指標であるフロー頻度と自己肯定感を分類することができた。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたりご指導頂いた八名和夫教授に深く感謝の意を表します。

そしてプログラムの書き方など多くの知識や助言を頂きました研究室の仲間に深く感謝致します。

私の実験に快く協力して下さった八名研究室、学部3年生の皆様にも感謝致します。

最後に6年間お世話になった皆様への感謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞にかえさせて頂きます。

8. 今後の展望

フロー頻度と自己肯定感を関連付けるキーワードとして感受性が挙げられた。

今後は感受性の高さをアンケートから数値化し、感受性とフロー頻度、自己肯定感の関連性を検証していきたいと考えている。

参考文献

- [1]山口勝機, “ゲーム・暗算・読書時の脳波的特徴”, 志學館大学人間関係学部研究紀要, pp11-16, 1997.
- [2]平井章康, 吉田幸二, 宮地功, “簡易脳波計による学習時の思考と記憶の比較分析”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム”, pp1441-1446, 2013.
- [3]野口節子, 石原信九郎, “安静時(閉・開眼)および暗算時(閉眼)の脳波に及ぼす選考刺激の効果”, 心理学研究第42巻(6), pp287-295, 1972.
- [4]Seang-Hee Seo and Jung-Tae Lee, “Stress and EEG, in Marius Crisan ed., *Convergence and Hybrid Information Technologies*, ISBN 978-953-307-068-1 pp. 413-426, In Tech, 2010.
- [5]Christi E.D. Alloway, *et al.*, “The Alpha Attenuation Test: Assessing Excessive Daytime Sleepiness in Narcolepsy-Cataplexy,” *Sleep*, Vol.20, No.4, pp.258-266, 1997.
- [6]陳紹華, 渡辺仁史, “作業空間のストレス軽減を促すシステムモデルに関する研究: 個室トイレにおいて木漏れ日を利用したフィードバックについて(知的環境とセンサネットワーク)”, 電子情報通信学会技術研究報告, 信学技報116(22), 93-98, 2016-5-12
- [7]林拓世, 水野松本由子, 岡本永佳[他], 石井良平, 鶴飼聡, 篠崎和弘, 稲田紘 “脳波・心電図測定によるストレスに関連した生体変動解析”, 電子情報通信学会技術研究報告, MBE, ME とバイオサイバネティクス 107(248), 17-20, 2007-10-04
- [8]Yudai Endo, Kazunori Yagi, Naoto Yanagi, Kazuo Yana. “EEG alpha Wave Resurgence during the Mental Stress Task,” Abstract. Ubiquitous Healthcare 2018, p. 59, Dec. 11-13, 2018.
- [9]西川 聖二, 佐藤 政宏, 舞野 大輔, 田中正吾, “音環境が精神作業時に脳波に与える影響について”, ライフサポート, Vol.22, No.3, pp.96-104, 2010.
- [10]Dale AM, Liu AK, Fischl BR, “Dynamic statistical parametric mapping: Combining fMRI and MEG for high-resolution imaging of cortical activity”, NEURON, Vol.26, No.1, pp.55-67, 2000